

**PENDEKATAN *FUZZY CLUSTERING* DALAM
PENYELESAIAN CVRP**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pasundan**

Oleh

LUKI PRASETYO

NRP : 143010023



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2018**

PENDEKATAN FUZZY CLUSTERING DALAM PENYELESAIAN CVRP

LUKI PRASETYO
NRP : 143010023

ABSTRAK

CVRP merupakan salah satu persoalan VRP yang paling dasar, CVRP hanya memiliki satu pembatas berupa kapasitas angkut kendaraan, dan hanya memiliki satu depot. Penyelesaian persoalan CVRP biasanya diselesaikan dengan melakukan clustering terlebih dahulu lalu dilakukan proses routing berdasarkan hasil dari clustering. Pada umumnya penyelesaian CVRP dilakukan dengan mengabaikan karakteristik setiap titik sehingga setiap titik hanya akan berada dalam satu cluster. Pada kenyataannya sejumlah titik bisa dikelompokkan pada lebih dari satu cluster karena kesesuaian karakteristik. Untuk kasus ini maka clustering harus dilakukan dengan pendekatan fuzzy. Pada penelitian ini dilakukan penyelesaian CVRP dengan pendekatan Fuzzy C – Means Clustering, dimana dilakukan clustering berdasarkan kedekatan suatu titik dengan titik pusat beberapa cluster, dengan nilai derajat keanggotaan sebagai parameter kedekatan titik tersebut dengan beberapa cluster, terdapat fuzzification parameter sebagai parameter yang akan berpengaruh dalam penyelesaian persoalan. Penyelesaian persoalan CVRP dengan Fuzzy C – Means akan menghasilkan beberapa iterasi, semakin bertambahnya iterasi menghasilkan perubahan derajat keanggotaan dan posisi pusat cluster, hingga posisi mencapai steady state atau hingga tidak berubah secara signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan Fuzzy C – Means Clustering dalam penyelesaian persoalan CVRP, menghasilkan hasil yang baik jika proses routing dilakukan dengan menggunakan Savings Algorithm, dimana hasil tidak berbeda secara signifikan dari optimal solution persoalan yang ada. Fuzzification parameter yang merupakan parameter yang berpengaruh dari pendekatan Fuzzy C – Means Clustering, yang akan menentukan nilai derajat keanggotaan suatu titik.

Kata Kunci : CVRP, Derajat Keanggotaan, Fuzzy C – Means Clustering, Fuzzification Parameter, dan Routing.

PENDEKATAN FUZZY CLUSTERING DALAM PENYELESAIAN CVRP

LUKI PRASETYO
NRP : 143010023

ABSTRACT

CVRP is one of the most basic VRP issues. CVRP has only one limitation in the form of vehicle carrying capacity, and has only one depot. Resolving CVRP issues are usually solved by clustering first and then routing process based on the result of clustering. CVRP completion is done by ignoring the characteristics of each point so that each point will only be in one cluster. In reality a number of nodes can be grouped on more than one cluster due to the suitability of characteristics. For this case the clustering should be done with a fuzzy approach. In this research, CVRP completion with Fuzzy C - Means Clustering approach, where clustering is done based on the proximity of a point with the center point of several clusters, with the degree of membership as the parameter of the closeness of the point with several clusters, there are fuzzification parameters as parameters that will influence in the settlement problem. Resolving CVRP issues with Fuzzy C - Means will result in several iterations, increasing iterations resulting in a change in the degree of membership and the position of the cluster center, until the position reaches steady state or until it does not change significantly. The results showed that the Fuzzy C - Means Clustering sample in solving the CVRP problem resulted in good results if the routing process was done by using the Savings Algorithm, where the results did not significantly different from the optimal solution of the problem. Fuzzification parameter which is an influential parameter of Fuzzy C - Means Clustering approach, which will determine the degree of membership of a nodes.

Keywords : CVRP, Degree of Membership, Fuzzy C – Means Clustering, Fuzzification Parameter, and Routing.

**PENDEKATAN *FUZZY CLUSTERING* DALAM
PENYELESAIAN CVRP**

Oleh

Luki Prasetyo
NRP : 143010023



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
Bab I Pendahuluan.....	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-4
I.3 Tujuan Pembahasan	I-4
I.4 Lingkup Pembahasan	I-4
I.5 Sistematika Penulisan Laporan	I-5
Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori	II-
II.1 Optimasi.....	II-1
II.2 Distribusi.....	II-1
II.3 Teori <i>Graph</i>	II-2
II.3.1 Pengertian <i>Graph</i> (Mardiyono, 1996: 1)	II-2
II.3.2 Jenis – jenis <i>Graph</i>	II-3
II.4 <i>Traveling Salesman Problem</i> (TSP)	II-7
II.4.1 Pengertian <i>Traveling Salesman Problem</i> (TSP)	II-7
II.4.2 Penyelesaian <i>Traveling Salesman Problem</i> (TSP)	II-9
II.4.2.1 Algoritma Heuristik <i>Nearest Neighbour</i>	II-9
II.4.2.2 Algoritma Heuristik <i>Clarke & Wright Savings</i>	II-10
II.5 <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP).....	II-11
II.5.1 Pengertian <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	II-11
II.5.2 Model Matematik VRP	II-14
II.6 Varian Persoalan VRP	II-15
II.6.1 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> (CVRP)	II-16

II.6.2	VRP <i>Multiple Trips</i> (VRPMT)	II-17
II.6.3	<i>Split Delivery Vehicle Routing Problem</i> (SDVRP)	II-17
II.6.4	VRP <i>Heterogeneous Fleet of Vehicle</i> (VRPHFV).....	II-18
II.7	<i>Fuzzy Logic</i>	II-18
II.7.1	Pengertian <i>Fuzzy Logic</i>	II-18
II.7.2	Perbedaan Logika <i>Fuzzy</i> dan Logika Tegas	II-20
II.7.3	Fungsi Keanggotaan (<i>Membership Function</i>)	II-20
II.8	<i>Fuzzy C – Means</i> (FCM) <i>Clustering Algorithm</i>	II-24
Bab III	Model VRP dengan <i>Fuzzy Clustering</i>	III-1
III.1	Pemilihan Metode Pemodelan.....	III-1
III.2	Asumsi pada Model FCM	III-5
III.3	Langkah – Langkah Pemodelan	III-5
III.4	Model Persoalan CVRP Tahap <i>Clustering</i> dengan <i>Fuzzy C – Means</i>	III-10
III.5	Tahap <i>Routing</i> dengan <i>Nearest Neighbour</i>	III-12
III.6	Tahap <i>Routing</i> dengan <i>Clarke & Wright Saving</i>	III-13
Bab IV	Penerapan Model VRP dengan <i>Fuzzy Clustering</i>	IV-1
IV.1	Skenario Kasus	IV-1
IV.2	Implementasi Model pada Persoalan.....	IV-2
IV.2.1	Inisialisasi Acak Pusat <i>Cluster</i> (<i>Centroid</i>)	IV-3
IV.2.2	Menentukan Derajat Keanggotaan (u_{ik})	IV-4
IV.2.3	Menentukan Pusat <i>Cluster</i> (<i>Centroid</i>) Baru.....	IV-7
IV.2.4	Menentukan Fungsi Objektif (P).....	IV-9
IV.2.5	Hasil Perhitungan <i>Clustering</i> P-n20-k2	IV-11
IV.2.5.1	Fungsi Objektif untuk Setiap Iterasi	IV-11
IV.2.5.2	Pusat Cluster untuk Setiap Iterasi	IV-12
IV.2.5.3	Derajat Keanggotaan untuk setiap Iterasi.....	IV-13
IV.2.6	Hasil <i>Clustering</i> Berdasarkan Derajat Keanggotaan.....	IV-15
IV.2.7	Tahap <i>Routing</i> untuk P-n20-k2	IV-17
IV.2.7.1	<i>Routing</i> P-n20-k2 Menggunakan <i>Nearest Neighbour</i> dengan WINQSB	IV-18
IV.2.7.2	<i>Routing</i> P-n20-k2 Menggunakan <i>Savings</i> dengan <i>VRP Solver</i> ...IV-21	
IV.3	Hasil Penyelesaian Persoalan Setiap Kondisi	IV-24

Bab V	Analisis dan Pembahasan.....	V-1
V.1	Analisis Sensitivitas	V-2
V.1.1	Pengaruh <i>Fuzzification Parameter (m)</i>	V-2
V.1.2	Pengaruh Inisialisasi <i>Centroid</i>	V-5
Bab VI	Kesimpulan dan Saran	VI-1
VI.1	Kesimpulan	VI-1
VI.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang Masalah

Distribusi adalah perpindahan barang dan jasa dari produsen ke pemakai dan konsumen (Kismono, 2001). Distribusi merupakan kegiatan yang sangat penting bagi sebuah perusahaan. Produksi dan pemasaran yang baik tanpa adanya strategi ketersediaan produk di pasar akan membuat perusahaan tidak dapat menciptakan penjualan yang direncanakan. Menjamin ketersediaan produk di pasar merupakan salah satu hal yang penting dari distribusi.

Distribusi melibatkan pergerakan dari suatu produk, mulai dari pemasok, manufaktur, *retailer*, sampai ke akhir berupa konsumen. Pergerakan tersebut akan melibatkan kegiatan transportasi dan alat transportasi ketika jarak yang ditempuh dan barang yang dikirim banyak. Menurut Frazelle (2002), transportasi merupakan aktivitas logistik yang paling mahal, biaya yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi bisa mencapai 40% - 60% dari keseluruhan biaya logistik. Karena biaya transportasi cukup tinggi, maka dari itu biaya transportasi harus diminimalkan.

Permasalahan distribusi dan transportasi memiliki salah satu keputusan penting berupa penentuan rute kendaraan dalam proses distribusi, karena dengan tujuan untuk meminimalkan biaya transportasi dapat diminimalkan dengan penentuan rute yang tepat. Rute tersebut merupakan rute dari satu titik (depot) ke beberapa titik tujuan (*node*). Akan tetapi, untuk mencapai tujuan meminimumkan biaya transportasi, pasti memiliki beberapa batasan (*constraint*), seperti berupa kapasitas angkut kendaraan yang digunakan.

Masalah penentuan rute kendaraan dari depot ke beberapa titik (*node*) sering disebut sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP merupakan salah satu permasalahan yang sering dipelajari dan digunakan, khususnya dalam permasalahan yang bersangkutan dengan transportasi dan sistem logistik. VRP secara umum diartikan sebagai masalah penentuan rute bagi sejumlah kendaraan yang bertujuan untuk meminimalkan biaya transportasi total dan memenuhi sejumlah batasan yang mencerminkan karakteristik dari situasi nyata. Batasan inilah yang harus dijadikan pertimbangan agar dapat menekan biaya operasional, khususnya yang berkaitan dengan transportasi.

Persoalan VRP sering kali diselesaikan dengan melakukan *clustering* terlebih dahulu untuk *nodes* yang ada dan dilanjutkan membuat rute terhadap *cluster* tersebut. Metode tersebut merupakan salah satu metode heuristik dalam menyelesaikan persoalan VRP. *Clustering* merupakan tahap pertama, yaitu seluruh node akan diklasifikasikan dalam beberapa *cluster*, dan tahap kedua melakukan *routing* terhadap *clusters* yang sudah ada. Tahap *clustering* merupakan tahap yang paling utama pada metode *Cluster first – Route second*, dikarenakan pada tahap ini menentukan *clusters* dari *nodes* yang ada, *nodes* yang akan dikelompokkan memiliki kombinasi – kombinasi yang sangat banyak untuk menghasilkan *clusters* yang optimal, dikarenakan untuk setiap *node* memiliki hak untuk masuk dalam *clusters* yang ada.

Persoalan VRP sering kali sulit menghasilkan jawaban yang optimum, karena banyaknya kombinasi yang membuat metode heuristik banyak dikembangkan dan dipergunakan untuk menyelesaikan persoalan VRP, dengan hasil yang dapat diterima. Penyelesaian secara heuristik hanya menghasilkan jawaban yang dapat diterima, sehingga memiliki banyak jawaban dalam menyelesaikan permasalahan. Dalam *Cluster First – Route Second* pun memiliki banyak jawaban karena merupakan metode heuristik. Pada tahap *clustering* memiliki banyak jawaban dalam penyelesaiannya, dikarenakan setiap *cluster* memiliki anggota berupa *node* yang dapat berubah – ubah, yang membuat setiap *node* memiliki hak untuk bergabung dengan setiap *cluster*.

Hasil penyelesaian persoalan VRP secara heuristik sering kali ditemui hasil yang dianggap tidak tepat, contohnya ketika hasil *clustering* beberapa *node* tidak tepat dilihat setelah dilakukan pembuatan rute, dimana ada *node* yang ternyata masuk kedalam *cluster* yang pertama, akan tetapi setelah dihitung dan dianalisis lebih lanjut *node* tersebut lebih cocok masuk ke dalam *cluster* yang kedua, sehingga perlu cara penyelesaian VRP yang dapat menghindari kesalahan tersebut. *Fuzzy logic* dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, *fuzzy logic* dapat mendefinisikan suatu nilai yang samar, dimana suatu *entity* dapat menjadi bagian dari beberapa sistem. Pada persoalan VRP yang diselesaikan secara heuristik sebuah *node* telah menjadi bagian tetap dari sebuah *cluster* tertentu, *nodes* tersebut tidak dapat menjadi bagian dari *cluster* yang lain atau berpindah ke *cluster* lain.

Fuzzy logic dapat digunakan untuk membuat suatu *entity* didalam sistem dapat berpindah ke sistem lain, sehingga pada contoh persoalan diatas, *node* yang tidak tepat berada di suatu *cluster* dapat berpindah ke *cluster* yang lain.

Pada *fuzzy logic*, *nodes* dapat berpindah antar *cluster* dikarenakan *nodes* tersebut merupakan anggota yang tidak mutlak dari *cluster* yang ada. Keanggotaan yang tidak mutlak dari setiap *node* terhadap *cluster* yang ada disebabkan karena penyelesaian VRP yang sulit diselesaikan secara optimal, sehingga diselesaikan secara heuristik dimana heuristik hanya menghasilkan jawaban yang dapat diterima bukan optimasi. Setiap *node* tidak mutlak menjadi bagian dari satu *cluster*, karena jawaban dari heuristik bukan hasil yang optimal, yang memungkinkan *nodes* tersebut dapat berpindah *cluster*. Ketika *nodes* memiliki hak untuk bergabung dengan setiap *cluster* yang ada, maka perlu dilakukan *clustering* yang memiliki parameter yang dapat menentukan *nodes* tersebut bergabung dengan salah satu *cluster*.

Pada penyelesaian persoalan VRP, *fuzzy logic* dapat diaplikasikan dalam melakukan pengelompokan *nodes* (*clustering*), dimana setiap *node* memiliki hak untuk menjadi bagian dari setiap *cluster* yang membuat *nodes* tersebut menjadi samar – samar statusnya. Maka dari itu *fuzzy logic* dapat digunakan dalam melakukan *clustering*, sehingga status *nodes* yang masih samar – samar dapat diambil kesimpulan bahwa *nodes* bergabung dengan *cluster* yang cocok dan tepat, hal tersebut dapat dilakukan karena nilai keanggotaan setiap *node* akan terbagi secara kuantitatif untuk beberapa *cluster*. Walaupun *nodes* tersebut telah bergabung kedalam sebuah *cluster* akan tetapi dapat berpindah *cluster* ketika terdapat batasan dalam persoalan VRP, karena *fuzzy logic* dapat mendefinisikan secara kuantitatif hak – hak *nodes* tersebut untuk masuk kedalam *cluster* manapun.

Pada tahap *clustering* dapat digunakan *fuzzy logic* sebagai pendekatan yang baru dalam menyelesaikan persoalan VRP. Maka dari itu penyelesaian persoalan VRP dengan *fuzzy logic* memungkinkan mendapatkan hasil yang lebih baik apabila dibandingkan dengan menggunakan metode heuristik dan metode metaheuristik yang sudah ada. Wang (2015) menyelesaikan persoalan VRP dengan *fuzzy clustering* dan menghasilkan kegiatan pendistribusian menjadi efisien.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan pokok permasalahan dalam penelitian yaitu, bagaimana menyelesaikan persoalan VRP yang *nodes*-nya dapat menjadi anggota dari beberapa *cluster* yang ada.

I.3 Tujuan Pembahasan

Sesuai dengan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Dapat merumuskan model VRP yang dimana *nodes*-nya dapat menjadi anggota dari beberapa *cluster* yang ada.
2. Melakukan pengelompokan (*clustering*) dengan menggunakan *fuzzy logic*.
3. Menentukan rute yang tepat dari *nodes* yang sudah di kelompokkan.

I.4 Lingkup Pembahasan

Agar pemecahan masalah lebih terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan adanya pembatasan masalah, sehingga tidak menyimpang dari pokok pembahasan. Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan dalam contoh implementasi model merupakan data yang diambil dari *VRPLIB*, yang dapat diunduh pada situs <http://www.bernabe.dorransorp.es/vrp>.
2. VRP yang dimodelkan memiliki batasan dari kapasitas kendaraan.
3. VRP yang dimodelkan tidak melibatkan pembatas waktu.
4. VRP yang dimodelkan hanya memiliki 1 depot.
5. Contoh implementasi model maksimal 100 *nodes* dan 10 *cluster*.

Adapun asumsi pada penelitian ini meliputi:

1. *Demand* dari setiap pelanggan diketahui dengan pasti.
2. Kapasitas kendaraan diketahui dengan pasti dan homogen.
3. Jarak antar titik simetris.

I.5 Sistematika Penulisan Laporan

Pembuatan laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan ketentuan sistematika penulisan yang telah ditetapkan untuk Pemodelan. Sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari enam bab dengan uraian pada setiap bab sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan

BAB I berisikan tentang latar belakang masalah dalam mengembangkan model VRP, rumusan masalah, tujuan pembahasan, lingkup batasan serta sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir.

BAB II Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka

BAB II berisikan landasan teori yang berkaitan dengan model yang akan dikembangkan yaitu *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan *Fuzzy Logic* sebagai referensi dan landasan untuk memecahkan masalah.

BAB III Model VRP dengan *Fuzzy Clustering*

BAB III berisikan pengembangan model VRP dengan *fuzzy logic*, pemilihan metode *fuzzy logic*, beserta langkah – langkah dalam mengembangkan model tersebut.

BAB IV Penerapan model VRP dengan *Fuzzy Clustering*

BAB IV berisikan penerapan model VRP dengan *fuzzy clustering* dari hasil pengembangan model VRP dengan *fuzzy logic* pada persoalan VRP serta hasil dari pengembangan model tersebut, mengguankan beberapa kasus dan melakukan pengujian terhadap model VRP dengan *fuzzy clustering*

BAB V Analisis dan Pembahasan

BAB V berisikan analisis dan pembahasan berdasarkan hasil dari pengembangan model yang telah dilakukan terkait persoalan VRP dengan menggunakan *fuzzy logic*.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

BAB VI Berisikan kesimpulan yang didapatkan dari pengembangan model yang telah dilakukan. Kesimpulan tersebut dapat dijadikan sebagai saran yang diberikan kepada yang hendak mengembangkan lebih lanjut



DAFTAR PUSTAKA

- Babuska, Robert. 2009. "Fuzzy and Neural Control." *Delft University of Technology*.
- Bezdek, James C. 1984. "FCM: The Fuzzy C-Means Clustering Alogrithm." *Computer & Geosciences Vol. 10* 191-203.
- Boonkleaw, Arunya, S. Suthikannarunai, and R. Srinon. 2009. "Strategic Planning and Vehicle Routing Algorithm for Newspaper Delivery Problem: Case Study of Morning Newsspapper, Bangkok, Thailand." *Proceeding of the World Congress on Engineering and Computer Science, Sanfranciso, USA. Vol. 2*.
- Bora, Jyoti, and Anil Kumar Gupta. 2014. "A Comparative Study Between Fuzzy Clustering Algorithm and Hard Clustering Algorithm." *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT), 10* 108-113.
- Brogran, William. 1991. *Modern Control Theory*. New Jersey: Prentice Hall. Inc.
- Choi, E., and D. W. Tcha. 2007. "A Column Generation Approach to The Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem." *Computers and Operations Research, 34* 2080-2095.
- Chopra, Sunil, and Peter Meindl. 2010. *Supply Chain Management: Strategy Planning and Operation. Fourth Edition*. New Jersey: Pearson Education. Inc.
- Clarke, J., and J. R. Wright. 1964. "Scheduling of Vehicle Routing Problem from a Central Depot to a Number of Delivery Points." *Operations Research, 12* 568-581.
- Cordeau, Jean Francois, Gilbert Laporte, and Anne Mercier. 2011. "A Unified Tabu Search Heuristic for Vehicle Routing Windows with Time Windows." *Journal of the Operational Research Society Vol. 52* 928-936.
- Dantzig, G. B., and J. H. Ramser. 1959. "Optimum Routing of Gasoline." *Proceedings, World Petroleum Congress, Session VIII, Paper 19* 1-10.
- Dantzig, G. B., and J. H. Ramser. 1959. "The Truck Dispatching Problem." *Management Science, 6* 80-91.
- Dror, M., and P. Trudeau. 1990. "Savings by Split Delivery Routing." *Transportation Science 23*, 141-145.

- Dunn, J. C. 1973. "A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters." *Journal of Cybernetics* 3 32-57.
- Frazelle, Edward. 2002. *Supply Chain Strategy*. McGraw Hill Professional.
- Harry, and Syamsudin. 2011. "Penerapan Supply Chain Management pada Proses Management Distribusi dan Transportasi untuk Meminimasi Waktu dan Biaya Pengiriman." *Jurnal Poros Teknik Vol. 3* 25-33.
- Hoffman, AJ, and P Wolfe. 1985. "History." *In Lawler et al (1985) chapter 1* 1-16.
- Kismono, Gugup. 2001. *Bisnis Pengantar*. Yogyakarta: BPFE.
- Kusumadewi, S., and H. Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Graha Ilmu.
- Licker, M. D. 2003. *Dictionary of Mathematics Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Madonna, Era. 2013. "Aplikasi Metode Nearest Neighbour pada Penentuan Jalur Evakuasi Terpendek untuk Daerah Rawan Gempa dan Tsunami." *Jurnal Elektron Vol. 5 No. 2* 45-46.
- Mamdani, E. H., and S Assilian. 1975. "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller." *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1) 1-13.
- Mardiyono, Sugeng. 1996. *Matematika Diskret*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Montane, F A, and D. S. Vianna. 2007. "An improved tabu search algorithm for the mix fleet vehicle routing problem."
- Octora, Lita, Arif Imran, and Susy Susanty. 2014. "Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Sequential Insertion." *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*.
- Rand, G. K. 2009. "The life and times of the Savings Method for Vehicle Routing Problems." *ORION: The Journal of ORSSA*, vol. 25, no. 2 25-145.
- Suprayogi. 2003. "Algoritma Sequential Insertion untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem dengan Multiple Trips dan Time windows." *Jurnal Teknik dan Manajemen Teknik Industri* 21-36.
- Toth, P., and D. Vigo. 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.

Wahyu, Agus, and Wayan Firdaus. 2010. "Penerapan Algoritma Genetika Pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner." *Jurnal Ilmiah Kursor Vol. 5 No. 4* 205-211.

Wang, Yong, Xiaolei Ma, Maozeng Xu, Yinhai Wang, and Yong Liu. 2015. "Vehicle routing problem based on a fuzzy customer clustering approach for logistics network optimization." *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 29 1427-1442.

Wu, Kuo-Lung. 2012. "Analysis of Parameter Selection for Fuzzy C - Means." *Pattern Recognition* 45 407-415.

Zadeh, L. A. 1965. "Fuzzy Sets." *Information and Control* 8 338-353.

Pustaka dari Situs Internet

AUREN. 2006. *The VRP Web*. November. Accessed April 30, 2018. <http://www.bernabe.dorronsoro.es/vrp/>.

Politecnico di Milano. 2006. *A Tutorial on Clustering Alogirthm*. January. Accessed May 29, 2018. https://home.deib.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/index.html

